

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 705 441

②1 N° d'enregistrement national :

93 05857

⑤1 Int Cl⁵ : F 24 C 7/08, H 05 B 1/00, G 01 J 5/46

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 14.05.93.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : 25.11.94 Bulletin 94/47.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : SEB (S.A.) (Société Anonyme) —
FR.

⑦2 Inventeur(s) : Miquelot Gilles, Sarrazin Michel, Perrier
Jean-Christophe, Van de Velde Jean-Claude et
Constant Eugène.

⑦3 Titulaire(s) :

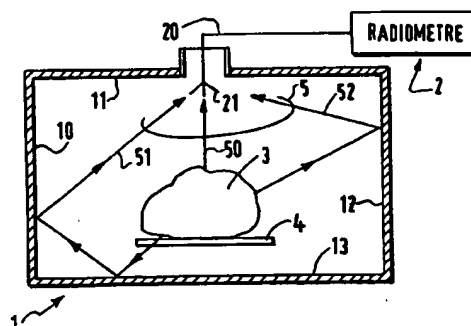
⑦4 Mandataire : Bouju Derambure(Bugnion) S.A.

⑤4 Procédé et dispositif de détermination d'un état de cuisson d'un aliment dans une enceinte fermée.

⑤7 L'invention concerne un procédé et un dispositif pour
la détermination d'un état de cuisson d'un aliment (3) dis-
posé dans un four (1).

Le dispositif comprend un radiomètre (2) mesurant les
ondes hyperfréquences émises par l'aliment (3) lorsqu'il
est chauffé et convertissant la puissance captée en un si-
gnal de température globale de l'aliment (3).

Le temps de cuisson est déterminé automatiquement,
dans une variante préférée, à partir de l'évolution de la
courbe de la température et/ou du coefficient de réflexion
aux ondes de l'aliment (3).



FR 2 705 441 - A1



La présente invention concerne un procédé de détermination d'un état de cuisson d'un aliment dans une enceinte fermée, notamment dans un four.

5 L'invention concerne également un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé.

Le problème principal que se pose l'invention est de déterminer le temps de cuisson optimal pour chaque aliment, notamment de manière automatique.

10 On conçoit aisément que de nombreux facteurs ou paramètres entrent en jeu dans cette détermination.

On peut tout d'abord distinguer des facteurs "objectifs" et des facteurs "subjectifs".

Dans cette dernière catégorie, entrent les goûts culinaires des utilisateurs.

15 Dans la première catégorie, sans que cela soit exhaustif, on peut citer les caractéristiques propres à l'enceinte dans laquelle est placé l'aliment, la nature de celui-ci, son poids, son volume, sa surface extérieure et naturellement la température de l'enceinte et la
20 température initiale de l'aliment.

Ces différents paramètres, pour beaucoup intuitifs, ont été également confirmés par l'expérience et diverses simulations menées par la Demanderesse.

25 Dans ce qui suit, dans un but de simplification, on supposera que l'enceinte de cuisson est un four à parois métalliques. Mais d'autres appareils peuvent être mis en oeuvre dans le cadre de l'invention et seront décrits ultérieurement.

30 Parmi ces paramètres, les caractéristiques du four peuvent être déterminées une fois pour toutes lors de sa conception.

En ce qui concerne la température du four, celui-ci peut être préchauffé comme c'est le cas habituel et de nombreux procédés de régulation de la température
35 atteinte sont connus. Les procédés les plus rudimentaires

font appel à un thermostat ou un organe équivalent. Des
procédés plus élaborés font appel à des circuits
électroniques associés à une sonde de température et
agissant sur les moyens de chauffage. Ces procédés
5 sortent du cadre strict de l'invention.

Il est bien connu également d'adapter la
température de cuisson au type d'aliment, voire à une
recette particulière concernant ce type d'aliment. On
peut estimer que tous les fours sont munis de moyens de
10 réglage de la température. D'autres appareils, plus
complets, comportent des moyens de réglage du type
"menu", c'est-à-dire se présentant généralement sous la
forme d'un clavier à touches de fonction. Chaque touche
est associée à un programme de cuisson particulier:
15 température, temps de chauffage par défaut, etc., et par
là adapté à un type de cuisson particulier. Le paramètre
"type d'aliment" peut être traité, partiellement, par
cette méthode.

On peut également connaître le poids de
20 l'aliment avant cuisson. Il est cependant nécessaire de
procéder à une pesée préalable, ce qui nécessite, d'une
part, de disposer d'une balance et, d'autre part, peut se
révéler délicat et fastidieux pour certains types
d'aliments: les liquides par exemple.

25 Il est par contre hors de question, dans la
pratique courante, de calculer le volume et la surface de
développement d'un aliment à cuire, par exemple d'un
rôti.

En général, l'utilisateur fait appel à son
30 expérience et évalue intuitivement un certain nombre de
ces paramètres, consciemment ou inconsciemment, et
effectue les réglages nécessaires: température, temps de
cuisson. Il se fie également à des tables ou recettes de
cuisine et complète ces réglages préliminaires par des
35 "tests" successifs consistant, par exemple, à goûter

l'aliment en cours de cuisson ou à surveiller visuellement cet état.

L'invention vise à pallier les inconvénients de l'art connu dont certains viennent d'être rappelés.

5 Pour ce faire, l'invention prévoit, tout d'abord, une mesure de la température moyenne de l'aliment placé dans le four.

10 On pourrait penser pouvoir mesurer cette température à l'aide d'une sonde du type thermocouple ou similaire placée au coeur de l'aliment.

Cette méthode présenterait plusieurs inconvénients et de surplus serait peu efficace. Parmi les inconvénients, le plus évident est qu'il est nécessaire de prévoir un organe de mesure mobile qui
15 nécessite de procéder à des manipulations (insertion dans l'aliment) pour chaque cuisson. En outre, on conçoit que la température, au coeur, dépende de nombreux paramètres liés à l'aliment: inertie thermique, volume, surface, etc. Enfin la position de la sonde est un
20 paramètre très critique du fait du gradient "température extérieure - température intérieure".

On connaît également, dans d'autres domaines d'application, des sondes de mesure de température basée sur la radiométrie hyperfréquence. Ces dispositifs
25 comprennent une antenne destinée à capter le rayonnement thermique, émis par une zone d'un corps à examiner. Ils ont été appliqués, notamment à la thermographie infrarouge.

On peut, par cette méthode, mesurer la
30 température, non seulement à la surface d'un corps, mais également à faible profondeur, de l'ordre du centimètre ou plus, selon la gamme de fréquences des ondes utilisées.

35 La méthode généralement mise en oeuvre dans ces dispositifs peut être résumée comme suit:

Le signal hyperfréquence capté par l'antenne, résultant du rayonnement thermique de l'objet à analyser, proportionnel à sa température, est comparé alternativement à un signal provenant d'une résistance de bruit étalon de température. On utilise un commutateur basse fréquence pour transmettre alternativement ces signaux précités à un amplificateur hyperfréquence

On détecte ensuite le signal alternatif en sortie de l'amplificateur, ce signal étant proportionnel à la différence de température entre celle de l'objet à mesurer et celle de la source de bruit. On dispose donc d'un signal d'erreur. Si on ajuste la valeur de la résistance étalon, on peut donc obtenir une égalité des deux températures et connaissant la température de la résistance de bruit étalon, on connaît de ce fait la valeur absolue de la température de l'objet à mesurer. Cet ajustement peut se faire automatiquement par rétroaction.

Divers dispositifs mettant en oeuvre un tel procédé ou un procédé similaire ont été proposés. C'est le cas notamment du dispositif décrit dans la demande de brevet français FR-A-2 561 769. Cette demande de brevet décrit un dispositif amélioré du type précité.

Un autre dispositif amélioré est décrit dans la demande de brevet français n° 01 91344 déposée le 1er février 1991.

L'invention tire partie des caractéristiques et propriétés de tels dispositifs pour mesurer la température moyenne des aliments placés dans un four.

Il faut cependant remarquer que le procédé selon l'invention présente des caractéristiques spécifiques qui ne peuvent être satisfaites directement par les dispositifs rappelés, adaptés à d'autres domaines d'application.

En effet les aliments placés dans le four

occupent généralement des volumes importants et leurs masses s'étagent typiquement entre 500 g et 1 kg, voire plus.

Or il est nécessaire, selon l'une des
5 caractéristiques du procédé de l'invention de connaître la température moyenne ou globale de la masse d'aliment placée dans le four.

Les procédés et dispositifs de radiométrie
hyperfréquences connus ne sont pas adaptés à cette
10 application.

Selon une autre caractéristique du procédé de l'invention, on munit le four (ou plus généralement l'enceinte thermique) de parois réfléchissant les ondes hyperfréquences et on place l'antenne, d'une part, et
15 l'aliment, d'autre part, de manière telle que ladite antenne reçoive, directement ou par réflexions successives sur les parois, le rayonnement émis par toute la surface de la masse d'aliment. Le signal reçu est donc un signal pondéré représentatif de la température moyenne
20 de l'aliment, à faible profondeur.

En mesurant l'évolution de la température moyenne précitée, selon une caractéristique supplémentaire de l'invention, on peut déterminer l'état de cuisson de l'aliment connaissant le temps écoulé.

25 L'invention se fixe également pour but de déterminer automatiquement le temps de cuisson et, pour ce faire, évaluer également automatiquement divers paramètres associés à l'aliment placé dans le four.

Dans ce but, on mesure divers paramètres liés à
30 l'évolution de la température en fonction du temps, notamment la pente de la courbe après l'instant de démarrage de la cuisson.

En général, ces mesures ne sont pas utilisables telles quelles, il est nécessaire de procéder à un
35 filtrage: on effectue des opérations telles que des

calculs de régression linéaire ou d'ordre plus élevé.

Les résultats de ce filtrage, notamment le niveau de bruit détecté, permettent de déterminer la transparence aux ondes hyperfréquences du récipient
5 utilisé. Le récipient transparent aux ondes (verre par exemple) génère un bruit de fond 1,5 fois à 2 fois plus faible qu'un récipient opaque aux ondes (récipient métallique par exemple).

On mesure également un deuxième paramètre qui
10 est le coefficient de réflexion de l'aliment aux ondes hyperfréquences.

Les expérimentations menées par la Demanderesse ont montré que connaissant la nature de l'aliment, en combinant de façon appropriée ces paramètres, on pouvait
15 déterminer automatiquement le poids et le temps de cuisson optimisé de celui-ci, ce quels que soient son volume et sa surface développée.

L'invention a donc pour objet un procédé de détermination d'un état de cuisson d'un aliment disposé
20 dans une enceinte fermée et chauffée à une température déterminée, ledit aliment émettant des ondes hyperfréquences dans une gamme de fréquence déterminée lorsqu'il est chauffé, caractérisé en ce que ladite enceinte ayant des parois réfléchissant lesdites ondes
25 hyperfréquences, il comprend au moins les étapes suivantes:

- réception par un radiomètre des ondes hyperfréquences émises par ledit aliment et transmises au radiomètre, directement ou par réflexion sur les parois;
- 30 - conversion de la puissance des ondes hyperfréquences reçues par ledit radiomètre en un signal représentatif de la température globale dudit aliment; et
- détermination, au moins à partir de ce dit
35 signal représentatif de la température globale dudit

aliment d'un état de cuisson de cet aliment.

L'invention a encore pour objet un dispositif pour la mise en oeuvre d'un tel procédé.

5 L'invention permet donc de déterminer la température moyenne d'une masse d'aliment sans nécessiter un organe en contact avec celui-ci.

La température mesurée est une indication globale de la température de toute la surface chauffée "vue" à quelques millimètres de profondeur.

10 Elle permet également de connaître l'évolution de la température.

Elle permet enfin de déterminer l'état de cuisson et de décider automatiquement d'une fin de cuisson, en fonction de paramètres préétablis tenant
15 compte des mesures effectuées.

L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lumière de la description qui suit, en regard des figures annexées et parmi lesquelles:

- 20 - la figure 1 illustre schématiquement un four incorporant un dispositif selon l'invention;
- les figures 2 et 3 illustrent des courbes de mesure de la montée en température d'un aliment, selon le procédé de l'invention;
25 - la figure 4 est un organigramme illustrant les étapes du procédé de l'invention dans un cas particulier de la cuisson d'un aliment de type viande rouge;
- la figure 5 illustre un exemple de
30 réalisation du four incorporant un dispositif selon l'invention;
- la figure 6 est un schéma électrique de principaux éléments d'un radiomètre pouvant être utilisé dans le cadre de l'invention;
35 - la figure 7 illustre schématiquement un

exemple de réalisation de circuits électroniques de traitement de signal pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

5 Il semble tout d'abord intéressant de rappeler brièvement les principaux phénomènes régissant la radiométrie hyperfréquence et son application à la mesure de la température d'un corps chauffé.

10 Pour ce faire, on se réfère à la figure 1 qui illustre schématiquement, en coupe, un four 1 dans lequel un dispositif selon l'invention peut être mis en oeuvre.

Selon une caractéristique de l'invention, l'aliment 3 dont on désire mesurer la température est placé sur le plateau 4 transparent aux ondes hyperfréquences dans une gamme qui va être précisée.

15 Tout aliment 3 s'échauffant dans le four 1, et de façon plus générale tout corps s'échauffant, émet un rayonnement hyperfréquence dont la puissance P_H obéit à la relation:

$$P_H = K \cdot T_R \cdot \Delta F \quad (1)$$

20 relation dans laquelle:

K est le coefficient de Boltzmann

T_R est la température du corps 3

ΔF est la bande passante.

25 Les fréquences émises sont comprises dans une bande de fréquences comprises entre environ 0,1 GHz et 20 GHz. Le phénomène est de nature stochastique.

Dans le cadre de l'invention, on s'intéresse en général à une gamme plus réduite, typiquement 2 à 4 GHz.

30 Selon une autre caractéristique de l'invention, les parois de l'enceinte du four 1, dont quatre 10, 11, 12 et 13 sont représentées sur la figure 1, sont réfléchissantes pour les fréquences de ladite gamme. Il en est naturellement de même pour les parois non visibles sur la figure 1, par convention les parois arrière et
35 avant.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le rayonnement, direct 50 ou par réflexions simples ou multiples 51, 52, est capté par l'antenne 21 d'un radiomètre 2. L'antenne 21 est couplée par tout élément de liaison 20 approprié au radiomètre 2, par exemple un câble coaxial. Naturellement la bande passante de l'antenne 21, et plus généralement du radiomètre 2, doit être adaptée à celle des hyperfréquences à capter (par exemple 2 à 4 GHz, comme indiqué précédemment).

Comme il a été indiqué, le fonctionnement d'un tel radiomètre 2 est connu en soi. On pourra se reporter aux demandes de brevet français précitées pour une description plus détaillée. Un exemple de circuits sera décrit en relation avec la figure 6.

Si on se reporte à nouveau à la relation (1), la température du récepteur T_R , c'est-à-dire de l'antenne 21, obéit pour sa part à la relation:

$$T_R = (1-R)A \cdot T_M - A(1-R) \cdot T_0 + T_0 \quad (2)$$

relation dans laquelle:

R est le coefficient de réflexion de l'antenne 21

A est le pourcentage d'énergie hyperfréquence absorbée par l'enceinte du four 1 et par le matériau 3

T_0 est la température de référence du radiomètre 2

T_M est la température du matériau mesuré (voir (1)).

On peut considérer deux cas principaux:

- l'enceinte est parfaite, c'est-à-dire, notamment les parois sont parfaitement réfléchissantes et l'antenne a un coefficient de réflexion nul;
- le cas réel pour lequel l'enceinte métallique n'est pas parfaitement réfléchissante.

La théorie et l'expérimentation montrent cependant que dans ces deux cas, compte tenu des

matériaux constituant le corps 3, c'est-à-dire des aliments à cuire, la température radiométrique mesurée dépend essentiellement des caractéristiques propres au corps 3, en particulier du pourcentage d'énergie
5 hyperfréquence absorbée (voir (2) et inversement du coefficient de réflexion de ce corps 3. On appellera R_{HO} ce coefficient de réflexion dans ce qui suit.

Les imperfections dues aux éléments constitutifs du four 1 et du radiomètre 2 peuvent être
10 généralement négligées. En tout état de cause, ces caractéristiques émissivité des parois, émissivité de l'antenne, etc., sont constantes et peuvent être déterminées une fois pour toutes lors de la conception du four. On peut en déduire des coefficients de correction à
15 appliquer sélectivement dans les mesures ultérieures.

Par la méthode de l'invention, on peut donc mesurer à tout moment la température moyenne de la masse alimentaire 3 placée dans le four 1. Cette température mesurée a l'avantage d'être une indication globale de la
20 température correspondante à l'émission hyperfréquence de toute la surface de la masse alimentaire chauffée 3, vue à plusieurs millimètres de profondeur. La "profondeur" de mesure de la température dépend de la gamme de fréquence utilisée. Avec une gamme de 2 à 4 GHz, on mesure la
25 température avec une pénétration d'environ 10 mm.

On peut donc déjà surveiller la montée en température de la masse alimentaire 3 en fonction du temps.

La figure 2 est un diagramme représentant
30 l'évolution en température d'un morceau de viande (rôti de porc) d'environ 1 kg et d'épaisseur 6,5 cm.

L'axe vertical est gradué en °C et l'axe horizontal représentant le temps t est gradué en minutes. La température en °C est obtenue à partir d'un étalonnage
35 qui donne une équivalence en °C en fonction du signal

mesuré.

La courbe A représente l'évolution dans le temps de la température lue par radiométrie selon la caractéristique principale de l'invention. La courbe B
5 représente, à titre purement comparatif l'évolution de la température qui serait lue par utilisation d'un thermocouple implanté au coeur du corps 3, c'est-à-dire du morceau de viande dans l'exemple illustré. Outre les inconvénients déjà signalés, on voit que la courbe B
10 évolue de façon fort différente de la courbe A. Ceci est dû à l'inertie thermique présentée par la substance constituant le corps 3.

Avant introduction de la viande, c'est-à-dire à une température $t < t_0$, le signal émanant du four 1 est
15 équivalent à 25°C (dans l'exemple illustré), puis cette température décroît brusquement à environ 8°C pour $t = t_0$, croît rapidement pendant environ une dizaine de minutes et enfin tend, avec un taux de croissance de moins en moins élevé, vers une température limite T_{lim} de
20 l'ordre de 100°C.

La décroissance brusque pour t_0 est due au fait que l'on ouvre la porte du four 1 (il y a donc fuite du signal) et que le matériau introduit est absorbant.

On peut mettre à profit ce phénomène. En effet,
25 en cours de cuisson, une chute brusque du signal mesuré sera indicative d'une ouverture, intentionnelle ou non, de la porte du four. On pourra donc prévoir une alarme et éventuellement adopter des mesures correctives.

La température limite T_{lim} dépend naturellement
30 de la température à laquelle est chauffé le four.

La pente initiale de la courbe, en particulier dans un intervalle de temps de quelques minutes après l'instant t_0 , t_0 étant déterminé par la fermeture de la porte du four, dépend non seulement du T_{lim} mais aussi
35 des caractéristiques propres à l'aliment 3: masse,

nature, surface, etc.

La Demanderesse a constaté par l'expérimentation que l'on peut déterminer l'état de cuisson et en déduire de façon simple le temps de cuisson optimisé de nombreuses catégories d'aliments, à partir des paramètres propres à la courbe d'évolution de la température mesurée et en particulier de la connaissance de la pente initiale.

Cependant, comme le suggère le diagramme de la figure 2, la courbe A représentant la température lue par radiométrie n'est pas en général directement exploitable car elle présente de nombreuses fluctuations, d'amplitudes plus ou moins élevées. Il va être nécessaire de filtrer ces fluctuations, c'est-à-dire de lisser la courbe.

Dans la première partie de la courbe (après $t = t_0$), on calcule, pour ce faire, une régression linéaire sur quelques minutes. Les méthodes mathématiques permettant d'effectuer ce calcul sont bien connues et il est inutile de les redétailler.

Si on se reporte à nouveau à la figure 2, on voit que la première partie de la courbe A d'évolution de la température radiométrique mesurée est représentée, en première approximation, par une droite C (régression linéaire).

L'intervalle de temps nécessaire au calcul de la régression linéaire est de l'ordre de six minutes. Cette valeur n'est naturellement pas limitative de l'invention et a été déterminée expérimentalement par la Demanderesse en utilisant des fours standards disponibles sur le marché.

Dans certaines conditions de mesure, il peut arriver qu'il y ait des points erronés de mesure. Pour augmenter la précision, on calcule l'écart quadratique moyen entre les points mesurés et les points calculés

entre la régression.

On peut, par cette méthode, redéfinir en parallèle une pente plus précise qui ne prend pas en compte les relevés de température dont la valeur diffère de la valeur calculée avec plus ou moins d'exactitude par rapport à l'écart quadratique moyen.

La détermination de l'écart quadratique moyen permet aussi de connaître le bruit de fond et, de cette connaissance on peut déterminer un paramètre lié à la nature du récipient contenant le matériau 3 : un bruit faible est caractéristique d'un récipient transparent aux ondes alors qu'un bruit élevé est caractéristique d'un récipient opaque aux ondes. Comme cela a déjà été indiqué, l'ordre de grandeur du rapport entre les amplitudes de ces bruits de fond dus à deux types de récipient est de l'ordre de 1,5 à 2. L'amplitude absolue dépend d'un grand nombre de paramètres : radiomètre utilisé, etc.

Dans une variante préférée du procédé de l'invention, les déterminations diverses nécessaires à ce procédé sont réalisées de façon automatique à l'aide de circuits de traitement de signal qui seront détaillés dans ce qui suit.

Pour déterminer ladite pente, on réalise alors les étapes préliminaires suivantes:

a) On teste le coefficient de réflexion RHO de l'aliment 3 dans le four 1. Celui-ci devient inférieur à une valeur étalon au moment de l'introduction de l'aliment 3 dans le four 1, valeur étalon qui dépend de la valeur du coefficient de réflexion du four 1 à vide. A titre d'exemple, ce coefficient de réflexion à vide est supérieur à 0,350.

b) On mesure un nombre de points croissants successifs de la température radiométrique, typiquement quatre, pour éviter toute incertitude ou ambiguïté. Par

convention cet instant constituera le temps initial de cuisson $t'_0 \neq t_0$.

5 A partir de $t = t'_0$, les mesures de température effectuées servent, d'une part, à construire la courbe d'évolution en température (figure 2: A), d'autre part, à calculer ladite régression linéaire (courbe C).

10 Pour beaucoup d'aliments, la connaissance de la nature de l'aliment, ce qui permet de sélectionner une température de chauffe du four, et de la pente initiale obtenue par ladite régression linéaire, permettent de déterminer le temps optimisé de cuisson de la masse alimentaire effectivement introduite dans le four 1.

15 L'expérience a également montré que pour certains types d'aliments, on peut avoir besoin de connaître le coefficient moyen de réflexion RHO . Pour ce faire, on calcule cette valeur dès l'instant où la régression linéaire commence. Cette valeur est indicative de la charge thermique, laquelle dépend naturellement du volume de l'aliment, de sa masse, de la surface d'échange avec le milieu chauffant de l'enceinte du four 1 et de la température initiale. Etant donné que plus la surface

20 d'échange est importante, plus l'aliment a tendance à absorber les ondes. Il s'ensuit que RHO sera relativement élevé pour un élément de faible surface et vice versa.

25 Pour ces aliments, le temps de cuisson sera déterminé non seulement en tenant compte de la pente mais aussi de RHO .

Pour la majorité des aliments, le calcul du temps de cuisson n'exige pas une précision très grande.

30 Par contre des aliments tels que les viandes rouges, sont plus sensibles à des variations du temps de cuisson.

Pour ce type d'aliments, la régression linéaire n'offre pas en général, une précision suffisante. On calcule alors la régression polynomiale de degré deux

35 lorsque la régression linéaire devient moins précise.

On peut également diviser la courbe de montée en température en deux intervalles de temps ou plus. En général, deux intervalles de temps sont suffisants. On calcule une régression linéaire sur les deux parties de la courbe.

La figure 3 est un diagramme illustrant une courbe de montée en température A_1 et deux droites C_1 et C_2 , approximation de cette courbe A_1 , respectivement dans les zones T_1 : t_0 à t_1 et T_2 : pour $t > t_1$.

Dans l'exemple illustré, on suppose $t_0 = 7$ mn et $t_1 = 21$ mn.

En outre, les étapes nécessaires à la détermination du temps de cuisson de ce type d'aliment sont plus nombreuses et complexes.

Il est en général nécessaire d'effectuer une suite de comparaisons entre RHO mesuré et des valeurs de seuil déterminées par l'expérimentation. Ces valeurs sont naturellement déterminées une fois pour toutes, pour un type d'aliment donné et un four spécifique.

Cette procédure étant la plus générale, un exemple va être détaillé dans ce qui suit en relation avec l'organigramme de la figure 4, de façon à mieux illustrer le procédé selon l'invention.

L'objectif visé, dans l'exemple illustré, est de déterminer le temps de cuisson optimal d'un rôti de boeuf à partir de ses différentes caractéristiques, poids et épaisseur principalement, caractéristiques qui ne sont pas a priori connues et donc également à déterminer automatiquement.

Le début du cycle est indiqué en 100. A partir de là, on détermine le début du temps de cuisson (en 101) en procédant aux deux étapes préliminaires précédemment définies en a) et b): test sur RHO et mesure de quatre points croissants successifs de la température (ou un nombre déterminé à l'avance). Cet instant définit le

temps $t = t_0$.

Le cycle de détermination du temps de cuisson t_c proprement dit commence alors.

5 La première étape (en 102) est une étape de comparaison multiple entre la valeur calculée de RHO et des valeurs seuils 0,175; 0,18 et 0,19.

10 Si RHO est inférieur à 0,175, on détermine (en 103) que le poids du rôti est d'environ 1 kg et surtout que le temps de cuisson optimal est de 30 mn. Le cycle de détermination du temps de cuisson est alors terminé (en 120).

15 De même, si RHO est supérieur à 0,190, on détermine (en 104) que le poids est de l'ordre de 500 g et que le temps de cuisson doit être de 15 mn. Comme précédemment le cycle est alors terminé (en 120).

Il reste deux cas plus complexes.

20 Le premier concerne une valeur de RHO comprise entre 0,175 et 0,18. On détermine (en 105) que le poids est de l'ordre de 500 g et que le temps de cuisson doit être comparé entre 15 et 20 mn. La précision de cette fourchette n'est pas suffisante pour l'aliment considéré. On calcule alors la régression linéaire et la pente (en 106) en mesurant la température radiométrique sur un temps déterminé t_{ps} ("temps passé", typiquement 6 mn, 25 comme il a été déterminé expérimentalement). La pente initiale p peut être calculée à partir de la relation:

$$T_R = p \times t_{ps} + cte \quad (3)$$

relation dans laquelle T_R est la température radiométrique mesurée.

30 On effectue un test (en 107) sur la pente en la comparant à une valeur seuil: 0,145 dans l'exemple illustré

35 Si p est supérieur ou égal à ce seuil (0,145), le temps de cuisson t_c optimal est de 15 mn (en 109) et le cycle est terminé (en 120).

Dans le cas contraire, on calcule la régression polynomiale d'ordre deux.

A partir de ce calcul et plus précisément des coefficients a_0 , a_1 et a_2 de cette régression
5 (coefficients d'ordre zéro, un et deux), on calcule la température radiométrique au bout d'un temps déterminé t_{ps} (temps passé). L'expérience a montré que l'on pouvait retenir un temps passé typique de 300 s.

On calcule la température radiométrique T'_R
10 "corrigée" (en 108) à partir de la relation:

$$T'_R = a_0 = a_1 * t_{ps} + a_2 * t_{ps}^2 \quad (4)$$

On effectue ensuite une comparaison (en 110) à partir d'une valeur seuil 80°C.

Si T'_R est supérieure ou égale à 80°C, on
15 détermine (en 112) que le temps de cuisson optimal est égal à 15 mn et le cycle est terminé (en 120). Dans le cas contraire, le temps de cuisson optimal est égal à 20 mn (en 118) et le cycle est également terminé (en 120).

20 Le second cas complexe est le suivant:
 $0,18 < RHO < 0,19$.

On détermine (en 117) alors que le poids du rôti est de l'ordre de 1 kg et que le temps de cuisson t_c est dans la fourchette: $20 \text{ mn} \leq t_c \leq 30 \text{ mn}$.

25 Pour affiner ces valeurs, on effectue (en 114) le calcul de la régression polynomiale de degré 2 et le calcul de la température radiométrique corrigée T'_R comme pour l'étape 108 à laquelle on se reportera.

On effectue une comparaison multiple (en 115)
30 sur les valeurs seuils de 78°C et 85°C.

Si T'_R est inférieure à 78°C, alors le temps de cuisson t_c est de 30 mn (en 116) et le cycle est terminé (en 120); si T'_R est supérieure à 78°C et inférieure à 85°C, alors le temps de cuisson t_c est de 25 mn (en 117)
35 et le cycle est terminé (en 120); enfin si T'_R est

supérieure à 85°C, le temps de cuisson t_c est de 20 mn (en 118) et le cycle est terminé (en 120).

Il faut bien comprendre que toutes les valeurs de seuils ont été prédéterminées expérimentalement ou par le calcul à partir des caractéristiques du four 1 et du radiomètre 2 (notamment). Elles dépendent naturellement de l'aliment considéré et de l'antenne 21.

De façon plus générale, des processus semblables sont initiés pour diverses catégories et sous-catégories d'aliments. Comme il a été indiqué précédemment, ces processus peuvent être simplifiés en fonction de l'aliment considéré, notamment ne prendre en compte que la valeur de la pente p (régression linéaire) pour déterminer le temps de cuisson.

Dans un processus automatique, la température du four 1, les différentes valeurs de seuils et les étapes particulières à réaliser pour un aliment déterminé seront prises en compte lors de l'étape 100 désignée sous la dénomination générale "début" de l'organigramme de la figure 4.

On va maintenant décrire un exemple de réalisation pratique de l'invention en se référant aux figures 5 à 7.

La figure 5 représente un four 1 dans lequel on met en oeuvre le dispositif de l'invention. Sans que cela soit limitatif et pour fixer les idées,

les dimensions extérieures du four sont:

Hauteur 285 mm

Largeur 450 mm

Profondeur 335 mm

et les dimensions intérieures dans ce cas sont les suivantes:

Hauteur 200 mm

Largeur 315 mm

Profondeur 290 mm

Les parois internes du four: 10, 11, 12, 13 et 15 (fond) sont métalliques. On peut utiliser de la tôle d'acier ou de l'aluminium. La porte 14 doit être blindée comme dans le cas d'un four à micro-onde afin d'éviter des fuites du signal mesuré.

Si la porte 14, comme c'est l'usage est en tout ou partie, transparente, on la munit d'un revêtement métallique interne permettant la vision. Le revêtement est disposé sur le verre de la porte 14.

L'antenne 21, dans l'exemple de réalisation illustré comprend un guide d'onde du type à section droite avec une optimisation de la transition "liaison coaxiale 20-guide d'onde 21". L'adaptation du guide d'onde 21 peut être améliorée par la prolongation d'un de ses côtés. Il est fixé, par exemple par vissage, sur le dessus du four, ou obtenu par emboutissage.

Cependant l'antenne guide d'onde 21 peut être disposée sur une autre paroi, notamment sur les parois latérales 10 ou 12.

La bande passante utilisée par le radiomètre, comme il a été indiqué, est de 2 à 4 GHz, ce qui permet d'obtenir une profondeur de pénétration et donc de lecture de température d'environ 10 mm. Le guide d'onde 21 est dimensionné en conséquence.

A titre d'exemple non limitatif, pour une réalisation particulière, les dimensions du guide d'ondes étaient les suivantes:

Hauteur H	32 mm
Largeur L	90 mm
Profondeur P	85 mm

La figure 6 est un schéma électrique illustrant les éléments principaux du radiomètre 2 et qui permet d'explicitier la méthode d'obtention d'un signal exprimant la température radiométrique T_R et le coefficient RHO .

Pour ce dernier, le calcul n'est pas fait en

mesurant la valeur du coefficient de réflexion aux ondes hyperfréquences de l'aliment 3 (figure 1) auquel on n'a pas directement accès, mais en le déduisant des variations du coefficient de réflexion de l'antenne 21, en particulier entre l'état "four vide" et l'état "four avec aliment".

Les circuits d'un tel radiomètre sont conformes à ceux enseignés par la demande de brevet français précitée n° 91 01344 à laquelle on se reportera avec profit pour une plus ample description. Il est cependant utile d'en rappeler les caractéristiques principales.

Les circuits du radiomètre 2 comprennent une première résistance R_1 associée à une sonde de température S_1 délivrant un premier signal représentatif de température Te_1 de la résistance R_1 , une deuxième résistance R_2 associée à une sonde de température S_2 délivrant un signal représentatif de température Te_2 de la résistance R_2 , un premier contacteur K_1 à quatre positions d'entrée: I à IV et une position de sortie 0, une source de bruit S_B constituée par une résistance, une source de courant i , un second contacteur K_2 et un amplificateur hyperfréquence Amp délivrant un signal électrique de sortie V_S .

L'entrée I du commutateur K_1 est reliée à l'une des bornes de la résistance R_1 , l'autre borne étant reliée à la masse. L'entrée IV est reliée à l'une des bornes de la résistance R_2 , l'autre borne étant reliée à la masse. L'entrée III reçoit le signal reçu par l'antenne T_R et l'entrée II est à contact ouvert.

Le second contacteur K_2 permet de commuter ou non la source de courant i sur la source de bruit S_B .

Les valeurs ohmiques des résistances R_1 , R_2 et S_B sont typiquement égales à 50 ohms.

On définit les variables suivantes:

a) avec K_1 en position I:

V_{GI} = tension aux bornes de R_1

V_{GISB} = tension aux bornes de R_1 avec la source de courant i commutée sur S_B

5 à V_{GI} correspond le signal de température Te_1 et à V_{GISB} le signal $(Te_1 + t)$.

b) avec K_1 en position IV:

V_{GII} = tension aux bornes de R_2

à V_{GII} correspond le signal Te_2 .

c) avec K_1 en position II:

10 V_{CO} = tension contact ouvert

V_{COSB} = tension contact ouvert avec la source courant i commutée sur S_B .

d) avec K_1 en position III:

V_R = signal reçu de l'antenne

15 V_{RSB} = signal reçu de l'antenne et source de courant i commutée sur S_B .

En outre pour a) on a les relations suivantes:

$$\Delta V_{GI} = V_{GISB} - V_{GI} \quad (5)$$

pour c) on a:

20 $V_{CO} = V_{COSB} - V_{CO} \quad (6)$

pour d) on a:

$$\Delta V_R = V_{RSB} - V_R \quad (7)$$

On suppose d'autre part $Te_1 \neq Te_2$.

25 L'équation de base à résoudre s'énonce comme suit:

$$V_S = G[T_R (1-\rho) + \rho T_e + T_a] \quad (8)$$

relation dans laquelle:

V_S = signal d'antenne récupérée après amplification dans l'amplificateur A_{mp}

30 G = gain de l'amplificateur A_{mp}

ρ = coefficient de réflexion de l'antenne à l'air libre

T_e = bruit caractéristique de l'entrée de l'amplificateur A_{mp}

35 T_a = bruit caractéristique à la sortie de

l'amplificateur A_{mp} .

Pour résoudre cette équation de base (8) on effectue plusieurs acquisitions différentes de paramètres.

5 En remplaçant à chaque fois les variables de a) à d) par leurs valeurs tirées de l'équation (8).

On peut déterminer par cette méthode les valeurs de G , T_a et T_e et on détermine la valeur de ρ . Celle-ci obéit à la relation.

$$10 \quad |\rho|^2 = \frac{\Delta V_R - \Delta V_{GI}}{\Delta V_{CO} - \Delta V_{GI}} \quad (9)$$

15 Lorsque le four n'est plus vide, c'est-à-dire lorsqu'on a placé l'aliment à cuire, la valeur de V_R va varier. A partir de la variation ΔV_R , on détermine la valeur du coefficient RHO de réflexion aux ondes hyperfréquences de l'aliment.

A V_R est associée la température radiométrique mesurée T_R . On peut déterminer T_R à partir de la relation:

$$20 \quad V_R = G [T_R (1-\rho) + \rho * T_e + T_a] \quad (10)$$

Dans un exemple de réalisation réelle, les commutateurs K_1 et K_2 sont des commutateurs intégrés semi-conducteurs. Ces éléments ainsi que l'amplificateur A_{mp} sont réalisés avantageusement à partir d'éléments logiques, de diodes et de transistors en arséniure de gallium (AsGa).

25 Outre le radiomètre 2 (déterminant la température radiométrique T_R de l'aliment 3 et le coefficient RHO de la manière qui vient d'être décrite, le dispositif comprend des circuits de traitement de signaux comme représenté schématiquement sur la figure 7.

35 Les circuits de traitement de signal 6 qui peuvent être avantageusement constitués à partir d'un

microprocesseur standard, disponible dans le commerce, par exemple du type COP800 vendu par la firme "National Semi-Conductor".

5 Celui-ci est associé, dans l'exemple de réalisation illustré, à un clavier 7 d'entrée de données ou un organe similaire: touches de fonction, etc., et un organe de visualisation 8 : lampes témoin, écran à cristaux liquides, etc.

10 On supposera dans ce qui suit que les circuits 6 sont constitués à base d'un microprocesseur. Comme il est bien connu, ce type de circuit comprend généralement au moins une unité arithmétique et logique ou unité centrale 60, une mémoire vive 61 et une mémoire fixe 62 ainsi que des circuits d'entrée/sortie 63.

15 D'autres circuits (non représentés) sont également nécessaires au bon fonctionnement du microprocesseur: horloges, registres internes, etc.

20 Dans une variante préférée de l'invention, la mémoire fixe 62 est une mémoire programmable par exemple du type EPROM.

25 Dans cette mémoire, sont enregistrées, d'une part, les instructions et routines nécessaires aux fonctions générales usuelles du microprocesseur et, d'autre part, des instructions et routines spécifiques au procédé de l'invention: étapes à réaliser pour chaque type d'aliment (par exemple les étapes de la figure 4 pour un rôti de viande de boeuf), paramètres et valeurs seuils (température, coefficients de réflexion, etc.), etc.

30 La mémoire 61 est destinée à enregistrer temporairement des programmes spécifiques lus dans la mémoire 62 et des données temporaires, comme il est bien connu.

35 L'unité centrale 60 communique avec les circuits d'entrée/sortie 63 à l'aide d'un bus

bidirectionnel 600 et avec les mémoires 61 et 62 à l'aide, d'une part, d'un bus bidirectionnel de données 601 et, d'autre part, d'un bus d'adresse 602.

Enfin le clavier 7 d'introduction de données
5 communique avec l'unité centrale 60 via un bus 631 relié à un des ports des circuits d'entrée/sortie 63. Il en est de même pour l'organe de visualisation 8, qui est relié par un bus 632 à l'un des ports des circuits d'entrée/sortie 63.

10 Après mise sous tension du four 1 et des dispositifs associés: radiomètre 2 et circuits électroniques 6, 7 et 8, ainsi que des circuits 9 explicités ci-après, on peut saisir les données propres à l'aliment à cuire: température du four par exemple.

15 Cependant, dans une variante préférée, cette saisie s'effectue de manière interactive. L'organe de visualisation 8 affiche un menu, par exemple, avec des options telles que: "ENTREE", "LEGUMES", "VIANDES", etc. Une option est sélectionnée en frappant un chiffre ou une
20 lettre ou en enfonçant une touche de fonction.

A ce stade, l'organe de visualisation peut afficher une liste de sous-menus. En supposant que l'on ait choisi une option intitulée "PATISSERIE" à l'étape précédente, l'organe de visualisation 8 pourrait afficher
25 les options: "PATISSERIES avec température de cuisson mini", "PATISSERIES avec température de cuisson moyenne" et "PATISSERIES avec température de cuisson maxi".

Ces différents menus et sous-menus sont enregistrés dans la mémoire fixe 62 ainsi que les
30 procédures nécessaires à leur affichage, ce de façon classique.

Le choix final étant effectué et validé d'une manière ou d'une autre, par exemple par appui sur une touche spéciale du clavier 7, le programme associé à
35 l'aliment choisi est chargé en mémoire vive 61 et les

étapes propres à ce programme se déroulent de manière similaire à ce qui a été décrit en relation avec la figure 4, en tenant compte des spécificités de l'aliment sélectionné.

5 Les ondes hyperfréquences émises par l'aliment
3 sont captées par l'antenne 21, transmises par la
liaison 22 au radiomètre 2 et transformées en un signal
électrique représentatif de la température radiométrique
 T_R . On suppose, dans l'exemple illustré, que le
10 radiomètre comprend une carte d'interface (non
représentée) apte à transformer ces signaux, de nature
analogique, en signaux numériques, séries ou parallèles,
répondant aux normes des circuits d'entrée/sortie 63 du
microprocesseur 6. Pour fixer les idées, on suppose que
15 ces signaux sont transformés en des signaux numériques
transmis par la liaison 630 à un des ports parallèles
d'entrée des circuits 63. Les circuits de conversion, à
base de convertisseurs analogique-numériques, et les
circuits d'interfaces sont bien connus de l'homme de
20 métier et il est inutile de les redécrire. La carte
d'interface spécifique pourrait être tout aussi bien
associée aux circuits 6.

En retour, par le même bus 630, le radiomètre 2
peut recevoir divers ordres et instructions, notamment
25 pour effectuer les acquisitions de signaux nécessaires
comme explicité en relation avec la figure 6.

Une fois déterminé le temps de cuisson
nécessaire (étape 120, figure 4), cette information peut
être affichée par les organes de visualisation 8.

30 On peut encore afficher le temps restant avant
la fin de la cuisson.

On peut enfin afficher un message plus complet.
Par exemple, si on se reporte à nouveau à la figure 4, à
la fin du cycle de détermination (étape 120), l'organe de
35 visualisation pourra afficher un des quatre messages

suivants:

- "PETIT BEEF" (si $t_c = 15$ mn)
- "BEEF MOYEN" (si $t_c = 20$ mn)
- "GROS BEEF" (si $t_c = 25$ mn)
- 5 "BEEF MAX" (si $t_c = 30$ mn)

On peut prévoir une possibilité, également commandée par le clavier 7, permettant à l'utilisateur de d'adapter de façon manuelle le temps de cuisson, s'il estime que la procédure automatique conduit à une cuisson
10 qui ne convient pas à son goût personnel. Il suffit de prévoir, par exemple, un bouton de fonction "correction des temps".

Naturellement, les calculs de régression linéaire ou d'ordre deux ainsi que tous les autres
15 calculs et/ou comparaison sont effectués par l'unité centrale 60, éventuellement associé à un coprocesseur mathématique (non représenté) pour accélérer la vitesse de calcul.

La fin du cycle (après détermination du temps de cuisson t_c) s'effectue sous la surveillance du
20 microprocesseur qui arrête les moyens de chauffage (non représentés) lorsque le temps t_c déterminé est écoulé et peut déclencher un signal sonore de fin de cuisson.

Dans une variante préférée, le microprocesseur
25 6 peut également être utilisé pour commander la régulation de ces moyens de chauffage, ce de façon classique. Il suffit de prévoir une sonde de température. La température du four est alors asservie à une valeur de référence, par exemple déterminée automatiquement lors
30 des étapes préliminaires de sélection d'un menu et d'un sous-menu, comme il a été indiqué précédemment. On peut là encore prévoir des moyens et/ou procédure permettant de modifier manuellement cette température pré-enregistrée. Cependant, cette possibilité risque d'être
35 incompatible, dans le cas général, avec le procédé de

détermination automatique de détermination du temps de cuisson t_c ou, pour le moins, conduire à des programmes trop complexes. On peut cependant prévoir cette possibilité pour un fonctionnement en mode manuel
5 optionnel du four 1.

Sur la figure 7, des circuits 9 regroupent, sous cette dénomination générale, divers circuits de commande qui peuvent être pilotés par le microprocesseur 6, dans le cadre des étapes du procédé de l'invention ou
10 pour réaliser d'autres fonctions classiques. Ils peuvent communiquer avec l'unité centrale 60 via une liaison 633 et, par exemple, un port série, au standard RS232 ou tout autre standard, des circuits d'entrée/sortie 63. Parmi les commandes réalisées, on peut énumérer la régulation
15 de température et le déclenchement du signal sonore précités ainsi que diverses sécurités. Naturellement, le clavier 7 peut servir également à saisir des ordres (consignes ou autres) relatifs aux circuits de commande 9 et l'organe de visualisation 8 afficher des messages et
20 indications divers également relatifs à ces circuits 9 et aux fonctions qu'ils réalisent.

L'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation précisément décrits, notamment par référence aux figures 1 à 4. On doit notamment comprendre que les
25 exemples de valeurs numériques (seuils, température de référence, etc.) n'ont été fournis que pour une meilleure illustration de l'invention et ne sauraient en limiter la portée.

De même les circuits de mise en oeuvre du
30 procédé sont susceptibles de nombreuses variantes, résultant de simples choix technologiques: microprocesseur standard ou circuits spécialisés par exemple.

Enfin, l'invention peut s'appliquer à toute
35 enceinte fermée à paroi réfléchissant les ondes dans la

gamme hyperfréquence et sans fuites de 0,1 GHz à 20 GHz
ou dans la gamme plus restreinte 2 à 4 GHz et muni de
moyens de chauffage. Ce peut être le cas de tout
récipient culinaire muni d'un couvercle dont les surfaces
5 intérieures et le fond du couvercle répondent aux
exigences ci-dessus.

REVENDICATIONS

1. Procédé de détermination d'un état de cuisson d'un aliment (3) disposé dans une enceinte (1) fermée et chauffée à une température déterminée, ledit aliment (3) émettant des ondes hyperfréquences dans une gamme de fréquence déterminée lorsqu'il est chauffé, caractérisé en ce que, ladite enceinte (1) ayant des parois (10 à 13) réfléchissant lesdites ondes hyperfréquences, il comprend au moins les étapes suivantes:
- réception par un radiomètre (21, 2) des ondes hyperfréquences (50, 51, 52) émises par ledit aliment (3) et transmises au radiomètre (21, 2), directement ou par réflexion sur les parois (10 à 13);
 - conversion de la puissance des ondes hyperfréquences reçues (50, 51, 52) par ledit radiomètre (21, 2) en un signal représentatif de la température (T_R) globale dudit aliment (3); et
 - détermination, au moins à partir de ce dit signal représentatif de la température (T_R) globale dudit aliment (3) d'un état de cuisson de cet aliment.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une première étape supplémentaire consistant à construire la courbe (A) de variation de ladite température globale (T_R) en fonction du temps (t) pendant un intervalle de temps déterminé après l'instant (t_0) marquant le début de la cuisson dudit aliment (3), à calculer la régression linéaire (C) de cette courbe et en calculer la pente (p) et en ce que ladite étape de détermination de l'état de cuisson est effectuée en calculant la valeur de ladite pente (p), un temps de cuisson (t_c) étant déterminé à partir de cette valeur pour un aliment de nature déterminée.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend, pour le calcul de

ladite régression linéaire (c), une étape supplémentaire consistant à calculer l'écart quadratique moyen de manière à éliminer des valeurs de ladite température globale (T_R) dont la valeur diffère, en plus ou en moins, d'une valeur déterminée par rapport audit écart quadratique moyen.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que, ledit aliment étant disposé dans un récipient, le calcul dudit écart quadratique moyen permet de connaître la transparence relative de ce récipient auxdites ondes hyperfréquences (50 à 52), l'écart quadratique moyen étant sensiblement plus élevé pour un récipient opaque que pour un récipient transparent.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de détermination de la moyenne des valeurs du coefficient de réflexion (RHO) auxdites ondes de l'aliment (3).

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comprend une étape supplémentaire de comparaison dudit coefficient de réflexion (RHO) avec au moins une valeur de seuil déterminée et en ce que, suite à cette étape, selon le résultat desdites comparaisons, un temps de cuisson est déterminé ou des étapes supplémentaires sont réalisées.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que lesdites étapes supplémentaires comprennent une comparaison avec ladite valeur de pente (p) de la régression linéaire (c).

8. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un calcul de régression polynomiale d'ordre deux réalisé à partir des valeurs de ladite courbe de variation de la température globale (T_R) et en ce qu'une valeur corrigée (T'_R) de

cette température globale (T_R) est calculée à partir de ladite régression polynomiale d'ordre deux à l'issue d'un intervalle de temps déterminé.

5 9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de comparaison de ladite valeur corrigée (T'_R) avec au moins une valeur de seuil déterminée et en ce que le temps de cuisson (t_c) est déterminé à partir du résultat de ladite comparaison.

10 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 9, caractérisé en ce que, pour déterminer l'instant (t_0) de début de cuisson, il est procédé aux étapes préliminaires suivantes:

15 - détermination du coefficient de réflexion (RHO) auxdites ondes de l'aliment (3) et comparaison avec une valeur de seuil représentant le coefficient de réflexion du four (1) vide; et

20 - détection d'un nombre déterminé de valeurs successives croissantes de ladite température globale (T_R);

ledit instant (t_0) de début de la cuisson étant l'instant pour lequel ledit coefficient de réflexion (RHO) devient inférieur à ladite valeur de seuil et, simultanément, ladite détection réalisée.

25 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que lesdites valeurs de seuil sont déterminées par l'expérimentation.

30 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 11, caractérisé en ce qu'il comprend une étape supplémentaire consistant à détecter une chute brutale dudit signal représentatif de la température (T_R) globale de l'aliment (3), ladite chute étant indicative de l'ouverture de ladite enceinte fermée (1).

35 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que ladite gamme

de fréquences comprend l'intervalle des fréquences comprises entre 2 et 4 GHz.

14. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un radiomètre (2) muni d'une antenne (21) débouchant dans ladite enceinte (1) et des moyens pour convertir la puissance desdites ondes hyperfréquences (51, 52, 53) captées par l'antenne (21) en un signal représentatif de la température globale (T_R) dudit aliment (3), celui-ci étant disposé sur un support (4) transparent auxdites ondes.

15. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que ladite antenne (21) est un guide d'onde de section rectangulaire débouchant dans un orifice pratiqué dans la paroi supérieure (11) de ladite enceinte et en ce qu'il est couplé au radiomètre (2) par une liaison coaxiale (20).

16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des circuits électroniques de traitement (6) dudit signal représentatif de la température globale (T_R) de l'aliment (3).

17. Dispositif selon la revendication 16, caractérisé en ce que lesdits circuits de traitement (6) dudit signal représentatif de la température globale (T_R) de l'aliment comprennent une unité arithmétique et logique (60) et une mémoire fixe (62) pour l'enregistrement de routines décrivant les étapes du procédé propres à des catégories particulières d'aliments.

18. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 16 ou 17, caractérisé en ce que lesdits circuits électroniques (6) sont reliés à des moyens (7) d'entrée de données ou d'instructions agissant sur le

fonctionnement desdits circuits électroniques (6).

19. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 16 à 18, caractérisé en ce que lesdits circuits électroniques (6) commandent des moyens (8) de
5 visualisation.

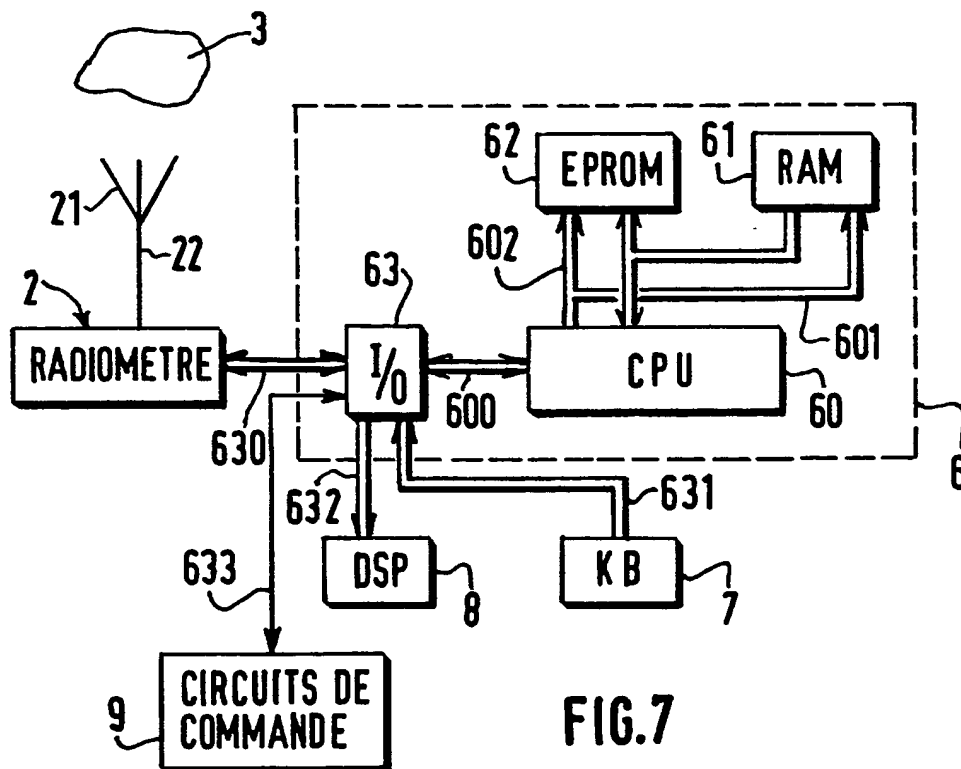
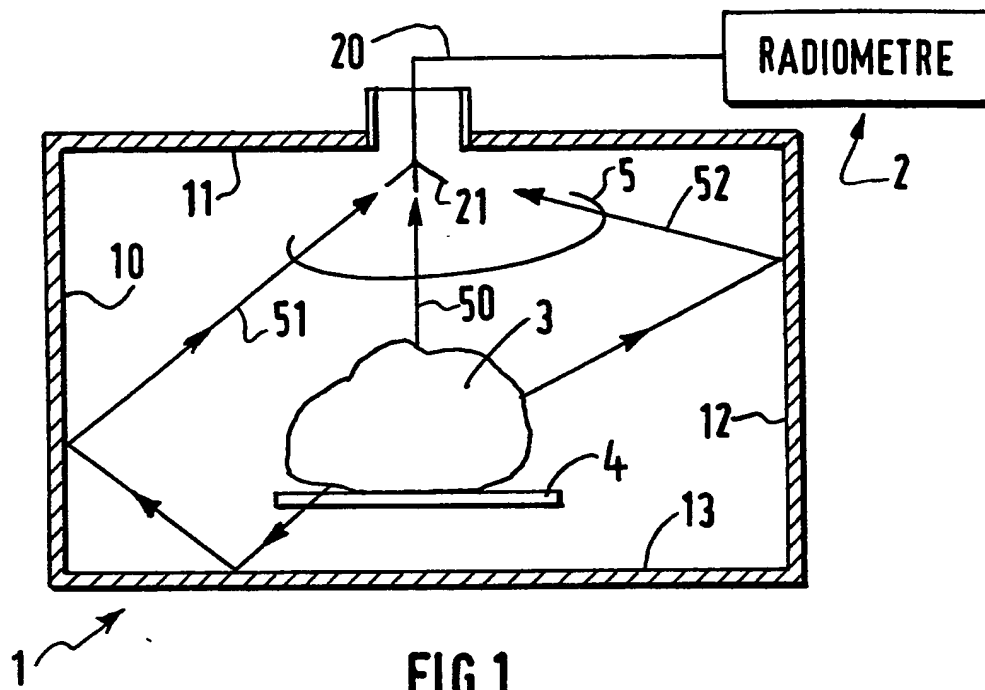
20. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 18 ou 19, caractérisé en ce que les moyens (7) d'entrée de données ou d'instructions et les moyens (8) de visualisation coopèrent pour autoriser le choix
10 interactif d'au moins un élément d'un menu de manière à sélectionner une opération à effectuer ou à sélectionner un type d'aliment à cuire.

21. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 16 à 20, caractérisé en ce que lesdits circuits électroniques (6) sont réalisés à base d'un microprocesseur standard.
15

22. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 16 à 21, caractérisé en ce que ladite enceinte (1) est un four dont toutes les parois internes
20 (10 à 14) sont réfléchissantes pour lesdites ondes (50, 51, 52).

23. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 16 à 21, caractérisé en ce que ladite enceinte (1) est un récipient culinaire muni d'un
25 couvercle dont les parois internes et le fond du couvercle sont réfléchissantes pour lesdites ondes.

1/4



2/4

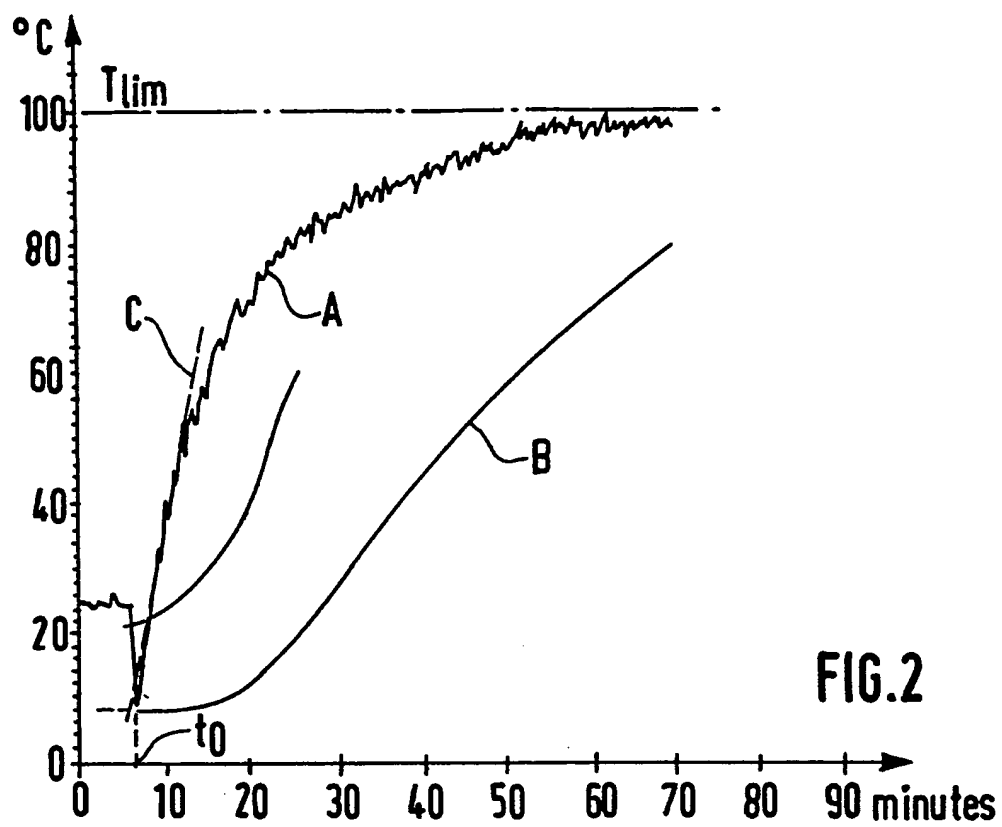


FIG.2

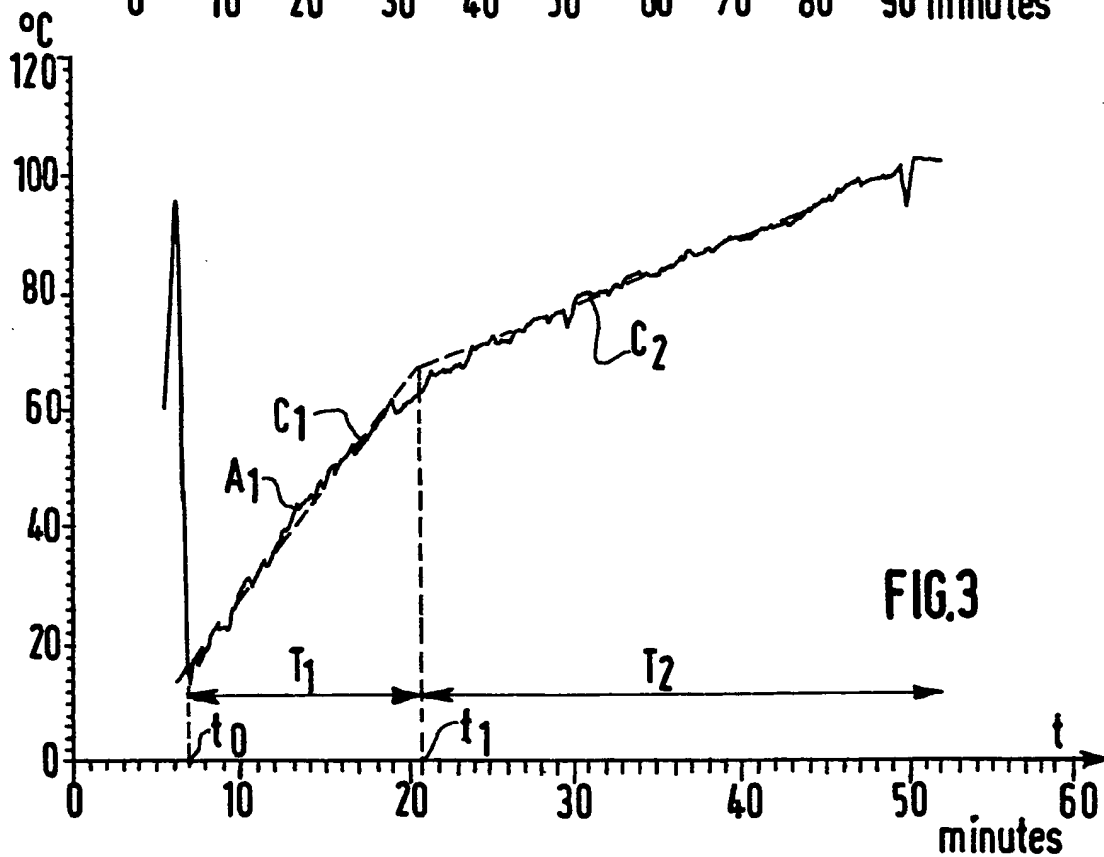


FIG.3

3/4

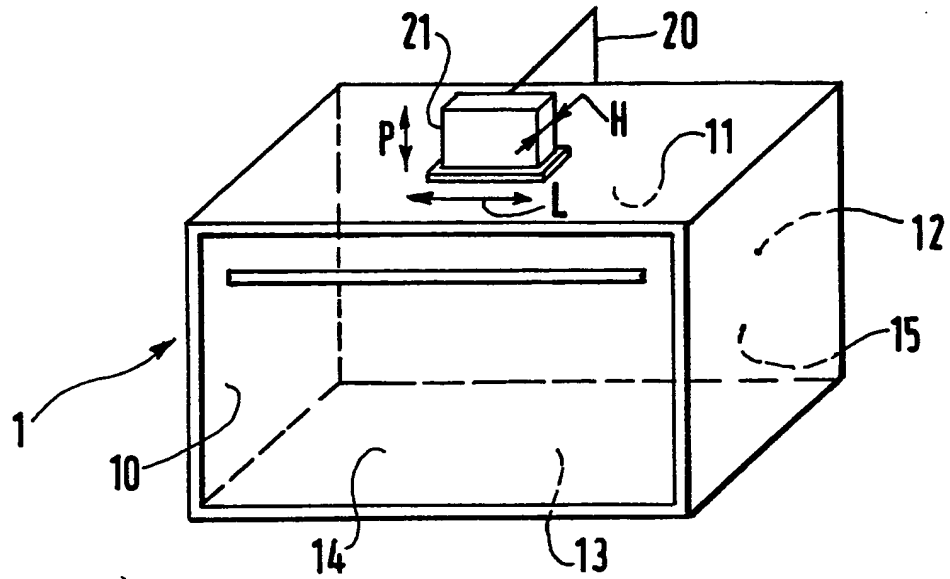


FIG. 5

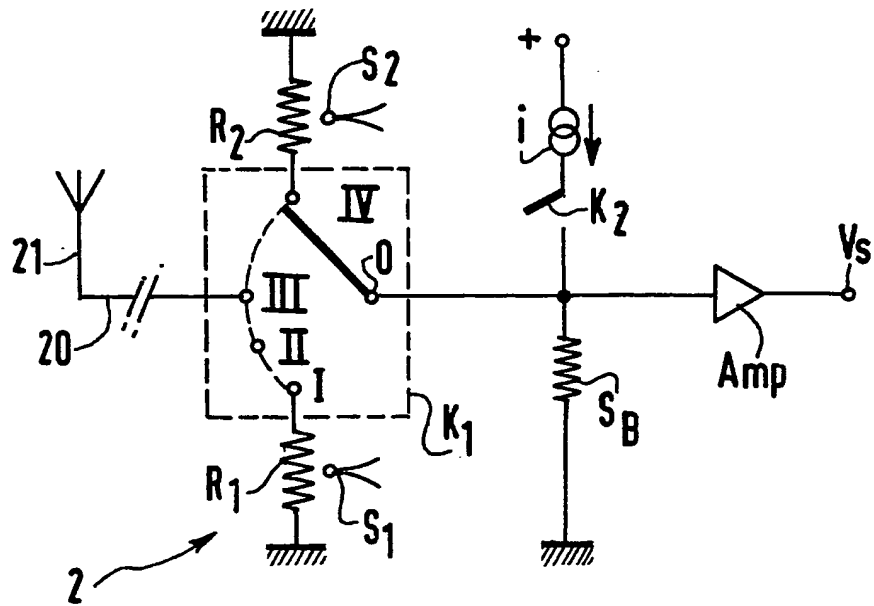


FIG. 6

